

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-119350

(43)Date of publication of application : 27.04.2001

(51)Int.Cl.

H04B 10/152  
H04B 10/142  
H04B 10/04  
H04B 10/06  
G01J 1/00  
H01L 31/12  
H04B 10/00  
H04B 10/02  
H04B 10/18  
H04N 7/20  
H04N 17/00  
// G01J 3/45  
H04L 27/10

(21)Application number : 11-297486

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO  
LTD

(22)Date of filing : 19.10.1999

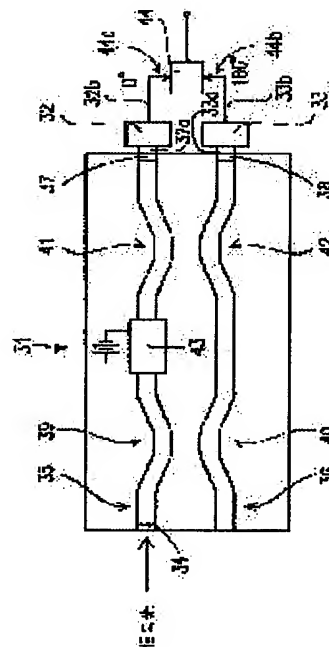
(72)Inventor : OTANI JUN

(54) LIGHT RECEIVER, OPTICAL FIBER TRANSMISSION DEVICE, LIGHT FM CHARACTERISTIC MEASUREMENT DEVICE AND LIGHT FM CHARACTERISTIC MEASUREMENT METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize FM demodulation with high CNR and low distortion.

SOLUTION: A Mach-Zehnder interferometer 31 where the half of signal light guided to a waveguide 35 from an input terminal 34 is guided to a waveguide 36 at mode coupling parts 39 and 40, the center part of the waveguide 35 is heated by a heater 43, a phase difference is given to signal light guided through the waveguides 35 and 36, the halves of two signal light guided through the waveguides 35 and 36 are guided to the waveguides 35 and 36 at the parts of mode coupling parts 41 and 42, the halves of two signal light different in phases are synthesized and are outputted from output terminals 37 and 38, light reception elements 32 and 33 converting signal light outputted from the output terminals 37 and 38 into electric signals and a 180 degrees hybrid element 44 inverting one electric signal outputted from the light reception elements 32 and 33 and overlapping the signals are installed.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-119350  
(P2001-119350A)

(43)公開日 平成13年4月27日 (2001.4.27)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	キーワード(参考)
H 0 4 B	10/152	G 0 1 J 1/00	K 2 G 0 2 0
	10/142	H 0 1 L 31/12	G 2 G 0 6 5
	10/04	H 0 4 N 7/20	6 3 0 5 C 0 6 1
	10/06	17/00	A 5 C 0 6 4
G 0 1 J	1/00	G 0 1 J 3/45	5 F 0 8 9
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願平11-297486

(22)出願日 平成11年10月19日 (1999. 10. 19)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 雄谷 順

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(74)代理人 100078282

弁理士 山本 秀策

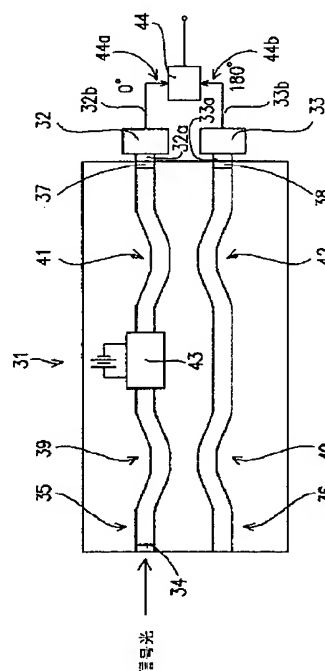
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光受信器および光ファイバ伝送装置ならびに光FM特性測定装置および光FM特性測定方法

(57)【要約】

【課題】 高CNRかつ低歪でFM復調を可能にする。

【解決手段】 入力端子34から導波路35に導波された信号光の1/2をモード結合部39、40部分で導波路36に導波し、ヒータ43で導波路35中央部を加熱し導波路35、36を導波される信号光に位相差を与え、モード結合部41、42部分で導波路35、36を導波される2つの信号光の1/2ずつを導波路35、36に導波し、位相の異なる2つの信号光の1/2ずつを互いに合成して出力端子37、38からそれぞれ出力するマッハツェンダ干渉計31と、出力端子37、38から出力される信号光を電気信号に変換する受光素子32、33と、受光素子32、33から出力される電気信号の一方を反転させて互いに重畳する180度ハイブリッド素子44とを備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 周波数変調もしくは位相変調されて入力される信号光を復調する光受信器であって、  
入力される 1 つの前記信号光の 1/2 が一対の導波路内に導波され、前記導波路内をそれぞれ導波される 1/2 の信号光の間に位相差が設けられた後に、前記 1/2 の信号光のさらに 1/2 ずつが互いに合成された光量の等しい 2 つの信号光が前記一対の導波路からそれぞれ出力される干渉計と、

前記干渉計の一対の導波路から出力される光をそれぞれ受光し、受光した光に対応した電気信号をそれぞれ出力する一対の受光素子と、

一方の前記受光素子から出力される電気信号に他方の前記受光素子から出力される電気信号の位相を反転して重畳して出力する重畳素子と、

を備えることを特徴とする光受信器。

【請求項 2】 送信側において周波数変調した変調信号を光ファイバを介して伝送し、伝送した変調信号を受信側において復調する光ファイバ伝送装置であって、伝送用半導体レーザ素子を有し、該伝送用半導体レーザ素子に注入電流として多チャンネル信号を入力することにより前記多チャンネル信号で周波数変調した信号光を発振する光送信器と、

前記光送信器から出力される前記信号光を伝送する光ファイバと、

前記光ファイバで伝送される前記信号光を受光する請求項 1 に記載の光受信器と、

を備えることを特徴とする光ファイバ伝送装置。

【請求項 3】 送信側において周波数変調した多チャンネルの変調信号を光ファイバを介して一括して伝送し、伝送した変調信号を受信側において復調する光ファイバ伝送装置であって、

多チャンネル信号の各信号を該多チャンネル信号の各信号自体でそれぞれ周波数変調したサブキャリア信号に変換する信号変換器と、前記サブキャリア信号を強調変調した信号光に変換して発振する伝送用半導体レーザ素子を有する光送信器と、

前記光送信器から出力される前記信号光を伝送する光ファイバと、前記光ファイバで伝送される前記信号光を受光する請求項 1 に記載の光受信器と、

を備えることを特徴とする光ファイバ伝送装置。

【請求項 4】 前記光送信器から出力される前記信号光を前記光ファイバを介して複数の前記光受信器に伝送することにより前記多チャンネル信号の多分配を行うことを特徴とする請求項 3 に記載の光ファイバ伝送装置。

【請求項 5】 周波数変調された信号光の特性を測定する光 FM 特性測定装置であって、

任意の RF 信号を出力する RF 信号発生器と、

注入電流として入力される前記 RF 信号によって周波数変調された信号光を発振する半導体レーザ素子と、

入力される 1 つの前記信号光の 1/2 が一対の導波路内に導波され、前記導波路内をそれぞれ導波される 1/2 の信号光の間に位相差が設けられた後に、前記 1/2 の信号光のさらに 1/2 ずつが互いに合成された光量の等しい 2 つの信号光が前記一対の導波路からそれぞれ出力される干渉計と、

前記干渉計の一対の導波路から出力される光をそれぞれ受光し、受光した光に対応した電気信号をそれぞれ出力する一対の受光素子と、

10 一方の前記受光素子から出力される電気信号に他方の前記受光素子から出力される電気信号の位相を反転して重畳して出力する重畳素子と、

前記重畳素子から出力される電気信号を解析するスペクトラムアナライザと、

を備える光 FM 特性測定装置。

【請求項 6】 周波数変調された信号光の特性を測定する光 FM 特性測定方法であって、

注入電流として RF 信号を入力することによって半導体レーザ素子から周波数変調された信号光を発振する信号光発振工程と、

入力される 1 つの前記信号光の 1/2 が一対の導波路内に導波され、前記導波路内をそれぞれ導波される 1/2 の信号光の間に位相差が設けられた後に、前記 1/2 の信号光のさらに 1/2 ずつが互いに合成された光量の等しい 2 つの信号光が前記一対の導波路からそれぞれ出力される干渉計に前記信号光を入力して光学的処理を施す光学処理工程と、

前記干渉計の一対の導波路から出力される光を、該光に対応した電気信号に変換してそれぞれ出力する光電変換工程と、

30 一方の前記受光素子から出力される電気信号に他方の前記受光素子から出力される電気信号の位相を反転して重畳することにより周波数変調された電気信号を復調する復調工程と、

前記復調した電気信号のスペクトルを測定する測定工程と、

を含むことを特徴とする光 FM 特性測定方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

40 【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバを用いて、多チャンネルのアナログ映像信号、デジタル映像信号等を伝送するための光受信器、および、その光受信器を利用した光ファイバ伝送装置、ならびに、その光受信器と同じ構成を有する受光器を使用した光 FM 特性測定装置および光 FM 特性測定方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、多チャンネルの映像信号を加入者宅などに配設された受信器に伝送および分配する方式としては、AM 多チャンネルの映像信号を半導体レーザ素子に注入電流として入力することにより半導体レーザ素

子から出力される信号光を直接的にFM変調し、FM変調された信号光を光ファイバを介して加入者宅などに配設された光受信器に伝送し、光受信器でFM変調された信号光を復調するというAM映像信号伝送方式が知られている。このようなAM映像信号伝送方式は、既存のCATVとの親和性がよいという理由から高いニーズがある。しかし、AM映像信号伝送方式はCNR (Carrier to Noise Ratio) を高くし、歪みを少なくするために、伝送距離を短くし、信号光の分岐の数を少なくする必要がある。また、AM映像信号伝送方式は、信号光が光受信器に入力されるとき

10

【0003】このような課題を克服するものとして、文献 K. Kikushima, et al.: Super-wide-band optical FM modulation scheme and its application to multichannel AM video transmission systems, IEEE Photonics Technology Letters, pp. 839-841, 1996. には、光ヘテロダイン検波方式を用いたAM/FM一括変換器による多チャンネルの映像信号伝送方式が提案されている。従来のAM/FM一括変換型の映像信号伝送方式に用いる光ファイバ伝送装置の構成を図8(a)に示す。

20

【0004】この光ファイバ伝送装置では、AM多チャンネル映像信号が入力される光送信器1と、信号光を増幅する光ファイバ増幅器4と、信号光を複数の信号光に分岐させる光分岐器5とが光ファイバ6により順次接続されており、さらに、光分岐器5で複数のに分けられた1つの信号光を受光する光受信器7が光ファイバ6により接続されている。

【0005】光送信器1は、AM/FM変換器2と伝送用半導体レーザ素子3とを備えている。光送信器1に入力されたAM多チャンネル信号は、AM/FM変換器2でAM多チャンネル信号によりFM変調されたサブキャリア(マイクロ波)信号に変換され、この光信号が伝送用半導体レーザ素子3によって強調変調されて光受信器1から出力される。

30

【0006】光受信器1から出力されたFM光信号は、光ファイバ6により伝送される。光ファイバ6により伝送される過程で、信号光は光ファイバ増幅器4による増幅および光分岐器5による分岐を経て、分岐先の各家庭などに設置された光受光器4にそれぞれ入力される。

40

【0007】光受信器7は、APD(Avalanche Photo Diode)8と、FM復調器9とを備えている。光受信器7に入力された信号光はAPD8によって受光されて光電変換により電気信号に変換される。この電気信号は、AM多チャンネル信号によってFM変調されたサブキャリア信号であり、APD8からFM復調器9に出力される。FM復調器9に入力されたFM変調されたサブキャリア信号は、復調されてAM多チャンネル映像信号になる。

【0008】AM/FM変換器2は、図8(b)に示すように構成されている。AM/FM変換器2は、注入電流と駆動電流とに基づいてレーザ光を発振する半導体レーザ素子10と、半導体レーザ素子10が発振するレーザ光と干渉させてビートを起こすレーザ光を発振する局発レーザ素子11と、半導体レーザ素子10が発振するレーザ光と局発レーザ素子11が発振するレーザ光とを合成する光カップラ12とを有している。光カップラ12からの出力は、第1受光器13に出力されて、第1受光器13からAFC制御ループ15に出力されるとともに、第2受光器14にて電気信号に変換されてAM/FM変換器2の出力として直接出力される。また、AFC制御ループ15は、第1の受光器13からの出力をFM信号からAM信号に復調するFM復調器16と、FM復調器16からの入力に基づいて出力電流を制御する電流制御回路17とを有している。

【0009】AM/FM変換器2では、AM多チャンネル映像信号が半導体レーザ素子10の注入電流となっており、この注入電流と電流制御回路17からフィードバックされる駆動電流によって半導体レーザ素子10は、AM多チャンネル映像信号をFM変調したFM変調信号光を発振して、光カップラ12に出力する。また、局発レーザ素子11は、半導体レーザ素子10が発振するFM変調信号光と周波数干渉してビートを起こすレーザ光を発振して光カップラ12に出力する。光カップラ12は、半導体レーザ素子10からのFM変調信号光と局発レーザ素子11からの信号光とを合成して、第1受光器13および第2受光器14にそれぞれ出力する。第1受光器13および第2受光器14は光カップラ12より入力された半導体レーザ素子10からのFM変調信号光と局発レーザ素子11からの信号光との合成信号をヘテロダイン検波して、半導体レーザ素子10からのFM変調信号光と局発レーザ素子11からの信号光との周波数の差を有するビート信号をそれぞれ出力する。そして、第1受光器13から出力されるビート信号は伝送用半導体レーザ素子3に、第2受光器14から出力されるビート信号はFM復調器16にそれぞれ出力される。このとき、第1受光器13および第2受光器14から出力されるビート信号は、AM多チャンネル映像信号によってAM多チャンネル映像信号自体がFM変調されたマイクロ波信号であり、そのキャリア周波数は半導体レーザ素子10から出力されるFM変調信号光と局発レーザ素子11から出力される信号光とのビート周波数になっている。

【0010】第1受光器13から出力されるFM変調されたマイクロ波信号は、FM復調器16でAM信号に復調されて電流制御回路17に出力される。電流制御回路17は、FM復調器16から入力される復調されたAM信号に基づいて半導体レーザ素子10の駆動電流を発生して半導体レーザ素子10に出力する。このようにして半導体レーザ素子10の駆動電流を制御することにより

50

キャリア周波数が安定化される。

【0011】第2受光器14から出力されるFM変調されたマイクロ波信号は、伝送用半導体レーザ素子3によって信号光に変換されて光送信器1から出力され、光受信器7に与えられる。

【0012】また、光受信器7に設けられたAPD8の出力が与えられるFM復調器9は、図8(c)に、示すように構成されており、APD8の出力が第1ANDゲート素子18に与えられている。FM復調器9は、第1ANDゲート素子18の出力が第2ANDゲート素子19の一方の端子に入力されるとともに、第1ANDゲート素子18の出力が反転されて遅延素子20を介してANDゲート素子19の他方の端子に入力され、さらに、第2ANDゲート素子19の出力がアンプ21に入力されるように構成されている。このような構成により、APD8から出力されるFM変調されたマイクロ波信号の同相成分と直交成分とが遅延素子20にてタイミングを同調して第2ANDゲート素子19に入力され、この第2ANDゲート素子19で同相成分と直交成分との和が得られることによりマイクロ波信号がAM信号に復調される。さらに、AM信号に復調されたマイクロ波信号がアンプ21によって増幅される。

【0013】以上に説明した、AM映像信号伝送方式によると、従来の伝送方式に比べて最小受光レベルを約10dBに改善することができ、光信号が光受信器に入力されるときに光の損失も大幅に改善することができる。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】上記のAM映像信号伝送方式には、半導体レーザ素子10のFM応答に関する非線形性、残留AM成分による干渉、FM復調器9の非線形性等の歪特性などの劣化要因がある。また、半導体レーザ素子10への注入電流を変化させてレーザ光の周波数を変調する場合には、FM変調だけでなく同時にAM変調も行われるために、AM成分がFM復調器9によってFM/AM変換された信号として干渉して歪を発生するという問題がある。さらに、FM復調器9では、第1ANDゲート素子18、第2ANDゲート素子19の振幅偏差、群遅延偏差およびしきい値電圧の変動等によって歪特性が大きく劣化してしまうおそれがあり、このような歪特性の劣化を予防して高品質の映像伝送を行うためにはFM復調器9の歪に対する歪補償回路を別途設ける必要がある。

【0015】本発明は、このような問題を解決するものであり、低い歪特性を示す映像信号伝送に好適に使用される光受信器およびこの光受信器を用いた光ファイバ伝送装置、ならびに、この光受信器の構成を用いて実現される光FM特性測定装置および光FM特性測定方法を提供する。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の光受信器は、周

波数変調もしくは位相変調されて入力される信号光を復調する光受信器であって、入力される1つの前記信号光の1/2が一对の導波路内に導波され、前記導波路内をそれぞれ導波される1/2の信号光の間に位相差が設けられた後に、前記1/2の信号光のさらに1/2ずつが互いに合成された光量の等しい2つの信号光が前記一对の導波路からそれぞれ出力される干渉計と、前記干渉計の一对の導波路から出力される光をそれぞれ受光し、受光した光に対応した電気信号をそれぞれ出力する一对の受光素子と、一方の前記受光素子から出力される電気信号に他方の前記受光素子から出力される電気信号の位相を反転して重畳して出力する重畳素子とを備えている。このことにより、上述の課題が解決される。

【0017】本発明の光ファイバ伝送装置は、送信側において周波数変調した変調信号を光ファイバを介して伝送し、伝送した変調信号を受信側において復調する光ファイバ伝送装置であって、伝送用半導体レーザ素子を有し、該伝送用半導体レーザ素子に注入電流として多チャンネル信号を入力することにより前記多チャンネル信号で周波数変調した信号光を発振する光送信器と、前記光送信器から出力される前記信号光を伝送する光ファイバと、前記光ファイバで伝送される前記信号光を受光する請求項1に記載の光受信器とを備えている。このことにより、上述の課題が解決される。

【0018】本発明の光ファイバ伝送装置は、送信側において周波数変調した多チャンネルの変調信号を光ファイバを介して一括して伝送し、伝送した変調信号を受信側において復調する光ファイバ伝送装置であって、多チャンネル信号の各信号を該多チャンネル信号の各信号自体でそれぞれ周波数変調したサブキャリア信号に変換する信号変換器と、前記サブキャリア信号を強調変調した信号光に変換して発振する伝送用半導体レーザ素子とを有する光送信器と、前記光送信器から出力される前記信号光を伝送する光ファイバと、前記光ファイバで伝送される前記信号光を受光する請求項1に記載の光受信器とを備えている。このことにより、上述の課題が解決される。

【0019】前記光送信器から出力される前記信号光を前記光ファイバを介して複数の前記光受信器に伝送することにより前記多チャンネル信号の多分配を行うようにしてもよい。

【0020】本発明の光FM特性測定装置は、周波数変調された信号光の特性を測定する光FM特性測定装置であって、任意のRF信号を出力するRF信号発生器と、注入電流として入力される前記RF信号によって周波数変調された信号光を発振する半導体レーザ素子と、入力される1つの前記信号光の1/2が一对の導波路内に導波され、前記導波路内をそれぞれ導波される1/2の信号光の間に位相差が設けられた後に、前記1/2の信号光のさらに1/2ずつが互いに合成された光量の等しい

2つの信号光が前記一対の導波路からそれぞれ出力される干渉計と、前記干渉計の一対の導波路から出力される光をそれぞれ受光し、受光した光に対応した電気信号をそれぞれ出力する一対の受光素子と、一方の前記受光素子から出力される電気信号に他方の前記受光素子から出力される電気信号の位相を反転して重畳して出力する重畳素子と、前記重畳素子から出力される電気信号を解析するスペクトラムアナライザとを備えている。このことにより、上述の課題が解決される。

【0021】本発明の光FM特性測定方法は、周波数変調された信号光の特性を測定する光FM特性測定方法であって、注入電流としてRF信号を入力することによって半導体レーザ素子から周波数変調された信号光を発振する信号光発振工程と、入力される1つの前記信号光の1/2が一対の導波路内に導波され、前記導波路内をそれぞれ導波される1/2の信号光の間に位相差が設けられた後に、前記1/2の信号光のさらに1/2ずつが互いに合成された光量の等しい2つの信号光が前記一対の導波路からそれぞれ出力される干渉計に前記信号光を入力して光学的処理を施す光学処理工程と、前記干渉計の一対の導波路から出力される光を、該光に対応した電気信号に変換してそれぞれ出力する光電変換工程と、一方の前記受光素子から出力される電気信号に他方の前記受光素子から出力される電気信号の位相を反転して重畳することにより周波数変調された電気信号を復調する復調工程と、前記復調した電気信号のスペクトルを測定する測定工程とを含んでいる。このことにより、上述の課題が解決される。

#### 【0022】

【発明の実施の形態】以下に、図面を参照しながら本発明の実施の形態を説明する。

【0023】図1は本発明の光受信器の構成を示す図である。この光受信器は、AM多チャンネル映像信号によってFM変調された信号光、あるいはAM多チャンネル映像信号によってAM多チャンネル映像信号自体がFM変調されたマイクロ波信号であるサブキャリア信号を搬送する信号光を受け取り、その信号光に対してFM/AM変換に必要な光学的な変換処理をマッハツェンダ干渉計を用いて施し、このような処理が施された信号光をフォトダイオードなどの受光素子で光電変換することにより、FM変調された信号光を光学的にAM多チャンネル映像信号に復調する。マッハツェンダ干渉計としては、光の分岐および結合機能を備えるガラス導波路型のマッハツェンダ干渉計が適用できる。

【0024】図1に示すように、この光受信器は、受信した信号光を2つに分岐し、2つの光の間に光路差を設けることにより位相差を与え、2つの光のそれぞれをさらに2つに分岐し、位相の異なる光の1/2ずつを互いに結合して2つの光を出力するマッハツェンダ干渉計31と、光電変換を行う受光素子32、33と、入力され

る2つの信号の一方を反転させて互いを重畳して出力する重畳素子としての180度ハイブリッド素子44とを備えている。

【0025】マッハツェンダ干渉計31は、一端に信号光の入力端子34を備えた導波路35と、導波路35にほぼ平行して設けられて、導波路35内の信号光の一部が入射して導波する導波路36とを備えている。導波路35、36には、入力端子34の近傍部において相互に平行になっており、各平行部分に連続して相互に近接したモード結合部39、40がそれぞれ設けられている。モード結合部39、40にそれぞれ連続した各導波路35、36の中央部は相互に平行になっており、導波路35の中央部には導波路35を加熱することにより光路長を変化させるヒータ43が設けられ、各平行部分に連続して相互に近接したモード結合部41、42がそれぞれ設けられている。モード結合部41、42に連続した出力端子37、38近傍部分はそれぞれ平行になっている。

【0026】マッハツェンダ干渉計31の出力端子37、38には受光素子32、33の受光部32a、33aがそれぞれ取り付けられている。さらに、各受光素子32、33のそれぞれの出力端子32b、33bが、180度ハイブリッド素子44が有する入力端子44a、44bにそれぞれ接続されている。

【0027】マッハツェンダ干渉計31の一対のモード結合部39、40では、導波路35の内部を導波される信号光の1/2が、モード結合現象により導波路36に導波されるようになっている。また、一対のモード結合部41、42では、導波路35、36の内部を導波される信号光の1/2が、モード結合現象により導波路35、36にそれぞれ導波されるようになっている。マッハツェンダ干渉計31の信号光の分岐比および結合比は、ともに1:1である。このことにより、入力端子34から導波路35に入力された信号光は、モード結合部39を導波される間にモード結合現象によりその1/2が導波路36に導波される。また、導波路35および導波路36の内部を導波されるそれぞれの信号光は、モード結合部41、42でさらにその1/2ずつが導波路36および導波路35の内部に導波される。よって、導波路35および導波路36の内部を導波されてきた信号光の1/2ずつが合成されたあらたな2つの信号光が導波路35および導波路36を導波され、出力端子37、38からそれぞれ出力される。

【0028】このように構成されたマッハツェンダ干渉計31は、FM変調された信号光の周波数の変化を光強度の変化に変換して出力することができる。図2(a)は、入力端子34に入射する光の周波数を変化させた場合に出力端子37、38から出力される光の強度の変化を表す透過特性グラフである。このように、入力端子34に入射する光の周波数変化に対する、出力端子37か

ら出力される光の強度変化と出力端子 38 から出力される光の強度変化とは逆転している。

【0029】マッハツェンダ干渉計 31 では、導波路 35 上に設けたヒータ 43 を用いて導波路 35 の光路長を変化させることにより、図 2 (b) に示すように、マッハツェンダ干渉計 31 の入力端子 34 に実際に入射する信号光の平均周波数において、出力端子 37 から出力される信号光の強度と、出力端子 38 から出力される信号光の強度とが等しくなるように調節される。これにより、入力端子 34 に入射する信号光の平均周波数付近においては、周波数の増加に伴って出力端子 37 から出力される信号光の強度が減少するのに対し、出力端子 38 から出力される信号光の強度は増加する。

【0030】この時の、入力端子 34 に入射する信号光の強度および周波数、出力端子 37 および出力端子 38 から出力される信号光の振幅成分および周波数成分は、図 3 (a) ~ (f) のそれぞれに示すような波形となる。マッハツェンダ干渉計 31 は光の周波数の変化を光強度として出力しており、上述のように出力端子 37 から出力される信号光の強度と出力端子 38 から出力される信号光の強度は逆転しているため、図 3 (c) および (f) に示すように、出力端子 37 から出力される信号光の周波数成分の波形と出力端子 38 から出力される信号光の周波数成分の波形との位相は逆になっている。また、図 3 (c) および (d) に示すように、出力端子 37 から出力される信号光の振幅成分と、出力端子 38 から出力される信号光の振幅成分との波形は同位相になっている。

【0031】出力端子 37 から出力される信号光と出力端子 38 から出力される信号光が受光素子 32、33 によってそれぞれ電気信号に変換されて 180 度ハイブリッド素子 44 に与えられており、180 度ハイブリッド素子 44 にて受光素子 32 からの電気信号に受光素子 33 からの電気信号が反転した状態で重畳される。従って、受光素子 32、33 からそれぞれ出力される信号光の振幅成分は、逆位相で重畳されるために互いに打ち消し合うが、周波数成分は同位相で重畳されて互いに強め合うので、周波数成分のみが 180 度ハイブリッド素子 44 から出力される。

【0032】こうして、マッハツェンダ干渉計 31 に入力された FM 変調された信号光は、FM 復調されて 180 度ハイブリッド素子 44 から出力される。

【0033】このように構成された光受信器によれば、マッハツェンダ干渉計 31 の出力端子 37、38 から出力される信号光に振幅成分が残留している場合にも 180 度ハイブリッド素子 44 で打ち消されるので、残留振幅成分が干渉して歪特性を劣化させることがない。また、マッハツェンダ干渉計 31 の出力端子 32、33 に現れるマッハツェンダ干渉計 31 自体の出力特性の非線形性も、180 度ハイブリッド素子 44 にて反転されて

重畳され、互いに打ち消し合うので歪特性を劣化させるおそれがない。

【0034】図 4 は、図 1 に示す光受信器を有する光ファイバ伝送装置の構成図である。この光ファイバ伝送装置は、AM 多チャンネル映像信号を注入電流として伝送用半導体レーザ素子に入力することにより、伝送用半導体レーザ素子から AM 多チャンネル映像信号によって FM 変調された信号光を発振し、光ファイバを介して伝送した信号光を受信器で受信して光学的な手段を用いて AM 多チャンネル映像信号に復調するものである。

【0035】この光ファイバ伝送装置は、AM 多チャンネル映像信号を FM 変調された信号光に変換して出力する光送信器 45 と、信号光を伝送するため光ファイバ 46 と、FM 変調された信号光を受信して復調を行う本発明の光受信器 47 とを備えている。

【0036】光送信器 45 は、AM 多チャンネル映像信号が注入電流として入力されることにより FM 変調された信号光を発振する伝送用半導体レーザ素子を備えているが、従来から一般に使用されている光送信器と同じ構成であるため詳細な説明を省略する。

【0037】光受信器 47 は、図 1 に示すマッハツェンダ干渉計を用いた光受信器と同じ構成である。

【0038】この光ファイバ伝送装置は、光送信器 45 に入力された AM 多チャンネル映像信号を FM 変調した信号光に変換して光ファイバ 46 を介して光受信器 47 まで伝送し、光受信器 47 において上述した構成により受信した信号光を FM 復調する。なお、AM 多チャンネル映像信号としては、40ch の AM 信号が適用できる。

【0039】このように構成された光ファイバ伝送装置によれば、光受信器 47 が受信した信号光に振幅成分が残留している場合にも、光受信器 47 に設けられた 180 度ハイブリッド素子 44 で打ち消されるので、残留振幅成分が干渉して光受信器 47 の歪特性を劣化させることがない。また、光ファイバ 46 と光受信器 47 との接続は信号が光の状態で行われるので、光ファイバ 46 と光受信器 47 との接続における信号の損失を少なくすることができる。

【0040】図 5 は、図 1 に示す光受信器 46 を有する光ファイバ伝送装置の構成図である。この光ファイバ伝送装置は、AM 多チャンネル映像信号をこの AM 多チャンネル映像信号で FM 変調したサブキャリア（マイクロ波）信号に変換し、このサブキャリア信号を伝送用半導体レーザ素子で強調変調した信号光として発振する。FM 変調された信号光を、光ファイバ上に設けられた増幅器による増幅および分岐器による分岐を繰り返しながら、分岐器による 1 つの分岐先に設けられた光受信器に伝送する。さらに、FM 変調された信号光を光受信器において光学的手段を用いて復調する。

【0041】この光ファイバ伝送装置は、AM 多チャン

ネル映像信号をこのAM多チャンネル映像信号自体でFM変調してサブキャリア信号とし、さらにこのサブキャリア信号を信号光に変換して出力する光受信器48と、信号光を送送するための光ファイバ49と、光ファイバ49上に設けられ信号光の増幅および信号光の分岐を行う複数の光ファイバ増幅器50・・・50および複数の光分岐器51・・・51と、光分岐器51により分けられた1つの光を光ファイバ49を介して受信してFM変調された信号光の変調を行う光受信器47とを備えている。

【0042】光送信器48は、図8に示す光送信器1と同じ構成であり、AM多チャンネル映像信号をこのAM多チャンネル映像信号自体でFM変調することにより得られるサブキャリア信号を送信用半導体レーザ素子で強調変調して光送信器48から信号光として発振する。光送信器から発振された信号光は光ファイバ49によって伝送される。光ファイバ49によって伝送される信号光は、光ファイバ49上に設けられた光ファイバ増幅器50により増幅された後に、光分岐器51によって複数に分けられ、光分岐器51によって分けられた1つの信号光を光受信器47で受信する。光受信器47は、図1に示すマッハツェンダ干渉計を用いた光受信器と同じ構成である。

【0043】光受信器47では、受信したFM変調された信号光がマッハツェンダ干渉計31の導波路35に入射され、モード結合部39、40において信号光の1/2が導波路36に導波され、導波路35に設けられたヒータ43が導波路35を加熱することにより、導波路35、36をそれぞれ導波される1/2の信号光に位相差が与えられる。さらに、モード結合部41、42において、導波路35、36を導波される1/2の信号光の1/2ずつが導波路35、36に導波され、位相の異なる信号光の1/2ずつが合成されて出力端子37、38からそれぞれ出力される。出力端子37、38から出力された信号光は、受光素子32、33によってそれぞれ電気信号に変換され、180度ハイブリッド素子44に与えられ、180度ハイブリッド素子44にて、受光素子32からの電気信号に受光素子33からの電気信号が反転した状態で重畳される。こうして、光受信器47で受信したFM変調された信号光が復調される。なお、AM多チャンネル映像信号としては、40chのAM信号が適用できる。

【0044】このように構成された光ファイバ伝送装置によれば、光受信器47が受信した信号光に振幅成分が残留している場合にも180度ハイブリッド素子44で打ち消されるので、残留振幅成分が干渉して光受信器47の歪特性を劣化させることがない。また、光ファイバ49と光受信器47との接続は信号が光の状態で行われるので、光ファイバ49と光受信器47との接続における信号の損失を少なくすることができる。さらに、信号

光のレベルが小さくても光受信器で復調が可能で、伝送する信号光の波長の分散および反射による伝送品質への影響が小さく、高CNR特性および低歪特性を備えた多チャンネル映像の多分配ができる。

【0045】図6は、図1に示す光受信器と同じ構成を有する受光器を使用した光FM特性測定装置の構成図である。この光FM特性測定装置は、FM変調された信号光を光学的に検波することによりFM変調波の基本波成分または高次歪成分の測定を行う。

10 【0046】この光FM特性測定装置は、任意のRF信号を発生させるRF信号発生器55と、RF信号を注入電流として入力することにより測定対象となるFM変調された信号光を発振する半導体レーザ素子56と、半導体レーザ素子56から発振されるFM変調された信号光を受光して復調する受光器57と、受光器57が復調した電気信号を解析するスペクトラムアナライザ58とを備えている。

20 【0047】受光器57は、図1に示すマッハツェンダ干渉計31を用いた光受信器と同じ構成であり、入力されたFM変調された信号光を光学的に復調し、電気信号として出力する。

【0048】この光FM特性測定装置では、先ず、RF信号発生器55が出力するRF信号を半導体レーザ素子56に注入電流として入力する。これにより、半導体レーザ素子56はRF信号がFM変調された信号光を発振して受光器57に与える。受光器57では、上述したようにマッハツェンダ干渉計31の入力端子34から導波路35に入射された信号光の1/2が一对のモード結合部39、40で導波路36に導波する。導波路35上に設けられたヒータ43が導波路35を加熱することにより光路長が変化して、各導波路35、36のそれぞれを導波される信号光の間に位相差が生じる。さらに、一对のモード結合部41、42では、各導波路35、36を導波されるそれぞれの信号光の1/2ずつが各導波路35、36に導波されて合成されて、マッハツェンダ干渉計31の出力端子37、38からそれぞれ出力される。マッハツェンダ干渉計31の出力端子37、38から出力された信号光は、受光素子32、33でそれぞれ受光され、電気信号に変換されて、180度ハイブリッド素子44にそれぞれ出力される。180度ハイブリッド素子44では、受光素子32から出力された電気信号に受光素子33から出力された電気信号を反転させて重畳する。

【0049】ここで、半導体レーザ素子56への注入電流、半導体レーザ素子から発振されるレーザ光の周波数および強度、受光素子32および受光素子33で受光される信号光の振幅成分、受光素子32および受光素子33で受光される信号光の周波数成分は、図7(a)～(g)のそれぞれに示すようになっている。

50 【0050】図7(d)および(e)に示すように、受



光素子32および受光素子33でそれぞれ受光される信号光の振幅成分は同位相である。一方、図7(f)および(g)に示すように、受光素子32および受光素子33でそれぞれ受光される信号光の振幅成分は逆位相となっている。

【0051】このため、受光素子32および受光素子33が受光し、光電変換してからそれぞれ出力する電気信号に含まれる振幅成分は180度ハイブリッド素子44によって、逆位相の状態では重畳されるので互いに打ち消し合うが、電気信号に含まれる周波数成分は同位相の状態では重畳されるので、互いに強め合って180度ハイブリッド素子44から出力される。このようにして、受光器57に入力されたFM変調された信号光がFM復調されて受光器57から出力される。受光器57から出力されたFM復調信号をスペクトラムアナライザ58で解析することによって、光FM変調波の基本波成分または高次歪成分を測定する。

【0052】このように構成された光FM特性測定装置によれば、FM変調信号に含まれる残留AM成分の干渉によるFM復調信号の歪およびマッハツェンダ干渉計31の出力特性の非線形性に起因してFM復調信号に発生する信号の歪を取り去ることができるので、半導体レーザ素子56のFM応答特性だけを分離して測定することが可能である。

#### 【0053】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、光の状態ではFM/AMの信号変換を行うことによって高CNR特性および低歪特性を有する光受信器を実現することができる。また、この光受信器を用いた本発明の光ファイバ伝送装置によれば、伝送する信号光の波長の分散および反射による伝送品質への影響が小さく、高CNR特性および低歪特性を備える多チャンネル映像の多分配を実現することができる。さらに、本発明の光FM特性測定装置および光FM特性測定方法によれば、FM応答特性のみを好適に分離して光FM変調波の基本波成分または高次歪成分の測定を良好に行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の光受信器の一例を示す構成図。

【図2】マッハツェンダ干渉計に入力される光の周波数とマッハツェンダ干渉計から出力される2つの光の強度の関係を示すグラフで、(a)は光路差を設けない場合のグラフ、(b)は光路差を設けて入力される信号光の平均周波数において2つの出力信号光の強度が等しくなるように調整した場合のグラフ。

【図3】光受信器の各箇所における信号光に関する波形

を示すグラフで、(a)は入力信号光の強度を示すグラフ、(b)は入力信号光の周波数を示すグラフ、(c)は出力端子37の振幅成分を示すグラフ、(d)は出力端子38の振幅成分を示すグラフ、(e)は出力端子37の周波数成分を示すグラフ、(f)は出力端子38の周波数成分を示すグラフ。

【図4】本発明の実施の形態の光ファイバ伝送装置の一例を示す構成図。

【図5】本発明の実施の形態の光ファイバ伝送装置の一例を示す構成図。

【図6】本発明の実施の形態の光FM特性測定装置の一例を示す構成図。

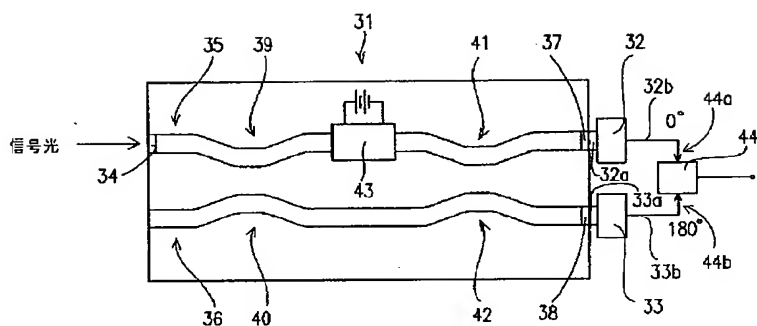
【図7】光FM特性測定装置の各箇所における信号の波形を示すグラフで、(a)は半導体レーザ素子への注入電流を示すグラフ、(b)は半導体レーザ素子のレーザ光強度を示すグラフ、(c)は半導体レーザ素子のレーザ光の周波数を示すグラフ、(d)は受光素子32に入射する振幅成分を示すグラフ、(e)は受光素子33に入射する振幅成分を示すグラフ、(f)は受光素子32に入射する周波数成分を示すグラフ、(g)は受光素子33に入射する周波数成分を示すグラフ。

【図8】従来の光ファイバ伝送装置を示す構成図で、(a)は光ファイバ伝送装置の概要を示す構成図、(b)光ファイバ伝送装置に含まれるAM/FM変換器を示す構成図、(c)はFM復調器を示す構成図。

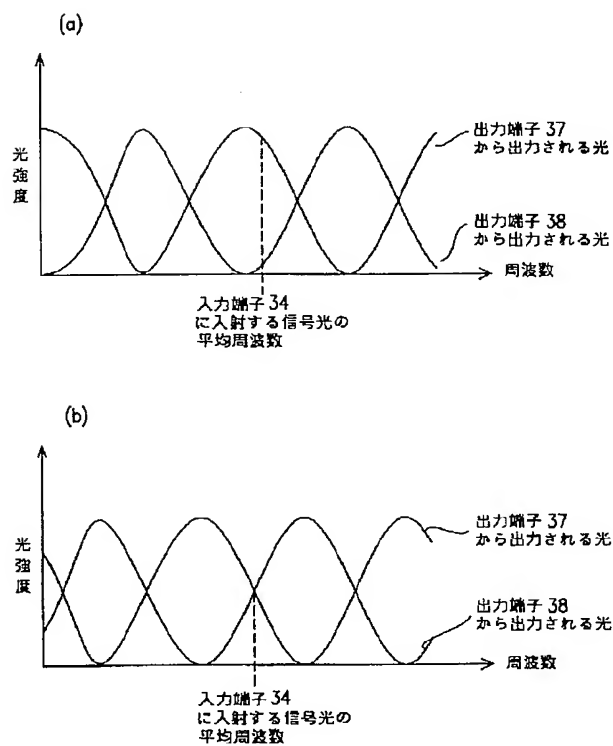
#### 【符号の説明】

- 31 マッハツェンダ干渉計
- 32、33 受光素子
- 32a、33a 受光部
- 32b、33b 出力端子
- 34 入力端子
- 35、36 導波路
- 37、38 出力端子
- 39、40、41、42 モード結合部
- 43 ヒータ
- 44 180度ハイブリッド素子
- 44a、44b 入力端子
- 45、48 光送信器
- 46、49 光ファイバ
- 47 光受信器
- 50 光ファイバ増幅器
- 51 光分岐器
- 55 RF信号発生器
- 56 半導体レーザ素子
- 57 受光器
- 58 スペクトラムアナライザ

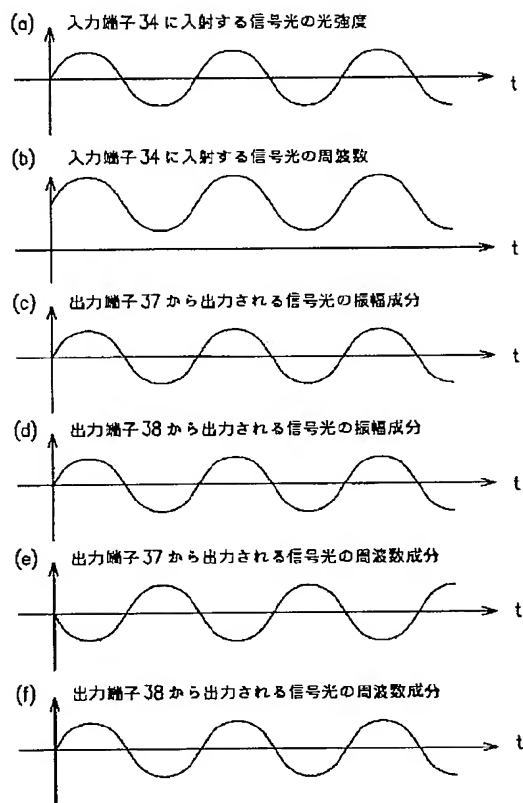
【図 1】



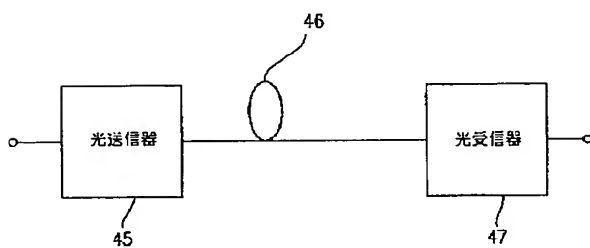
【図 2】



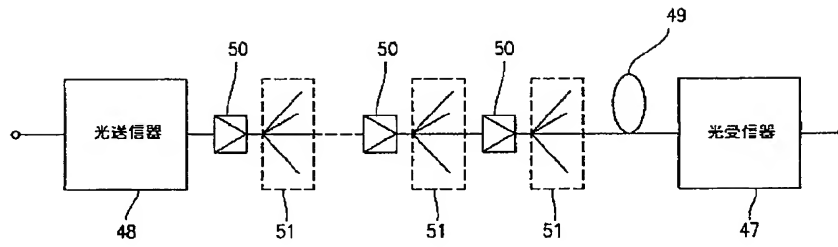
【図 3】



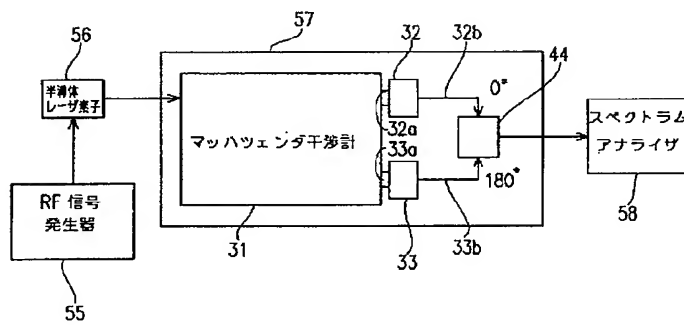
【図 4】



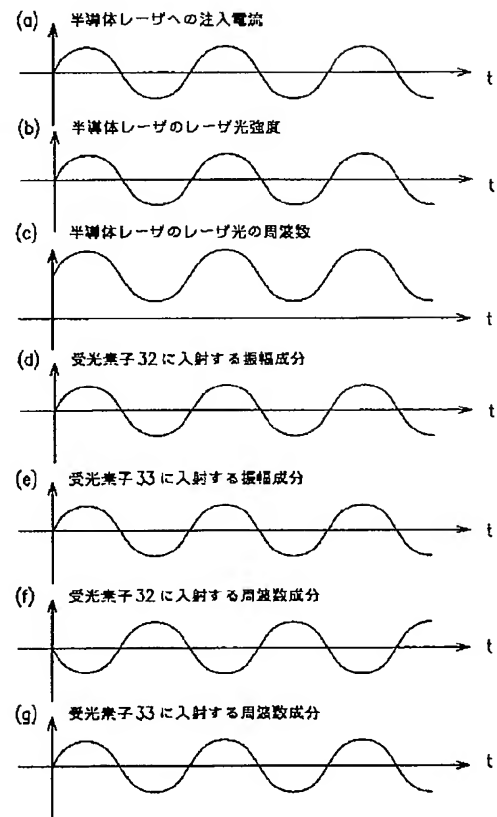
【図 5】



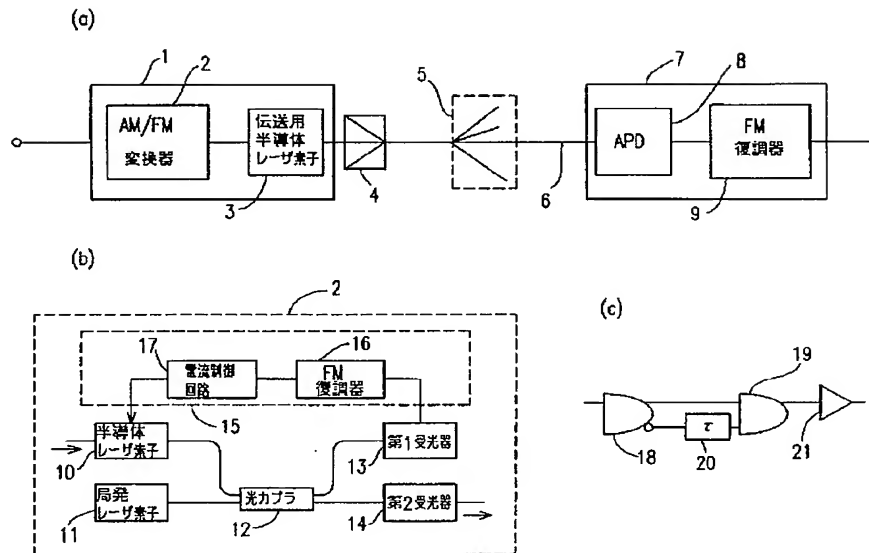
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テ-マ-ド' (参考)
H O 1 L 31/12		H O 4 L 27/10	A 5 K 0 0 2
I I O 4 B 10/00		I I O 4 B 9/00	L 5 K 0 0 4
			C
			M
I I O 4 N 7/20	6 3 0		
	17/00		
// G O 1 J 3/45			
H O 4 L 27/10			

F タ-ム (参考) 2G020 AA04 BA20 CB05 CB23 CB43  
 CB55 CC22 CD16 CD24 CD33  
 2G065 AB04 AB09 BA09 BB02 BB04  
 BC09 BC31 DA05 DA13  
 5C061 BB03 CC03 CC05  
 5C064 DA01 DA09  
 5F089 BC17  
 5K002 AA01 AA02 AA03 AA04 BA04  
 BA13 CA01 CA02 CA13 CA15  
 CA16 CA17 DA05 DA08 DA21  
 EA05 FA01 GA01  
 5K004 AA04 ED04